

Timo Annola

# **Paineohjattu huippuimuri energiansäästömenetelmänä säädettävän liesikuvun kanssa**

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: LVI-tekniikka

Tekijä: Annola Timo

Työn nimi: Paineohjattu huippuimuri energiansäästömenetelmänä säädettävän liesikuvun kanssa

Ohjaaja: Marita Viljanmaa

Vuosi: 2019 Sivumäärä: 37 Liitteiden lukumäärä: 2

---

Työssä käydään läpi asuinkerrostalojen poistoilmanvaihtojärjestelmää yleisesti ja asioita, jotka vaikuttavat ilmanvaihtoon. Teoriaosuudessa käydään läpi huippuimureita, puhaltimia ja säädettävää liesikupua. Tutkimusosassa lasketaan, kuinka paineohjatulla huippuimurilla ja säädettävillä liesikuvuilla voidaan säästää energiaa. Tuloksia analysoitaessa huomattiin, että sähkö ei ole ainut energiansäästömuoto.

Avainsanat: ilmanvaihto, ilmanvaihtojärjestelmät, ilmanvaihtolaitteet, paine, puhaltimet, huippuimurit, kerrostalot

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: HVAC Technology

Author: Annola Timo

Title of thesis: Pressure controlled roof extractor and adjustable range hoods are energy saving forms

Supervisor: Marita Viljanmaa

Year: 2019      Number of pages: 37      Number of appendices: 2

---

The thesis dealt with the exhaust ventilation systems in block of flats generally and aspects that had an effect on ventilation. The theory part studied roof extractors, fans and adjustable range hoods. In the research part the amount which could be saved together with a roof extractor and a range hood was calculated. One of the results was that electricity was not the only form of energy that could be saved.

Keywords: ventilation, ventilation system, ventilation installation, pressure, fan, roof extractors, block of flats

## SISÄLTÖ

|  |    |
|--|----|
| Opinnäytetyön tiivistelmä.....   | 2  |
| Thesis abstract.....   | 3  |
| SISÄLTÖ.....   | 4  |
| Kuvio- ja taulukkoluetelo.....   | 5  |
| Käytetyt termit ja lyhenteet .....   | 7  |
| 1 JOHDANTO .....   | 8  |
| 2 ILMANVAIHTO.....   | 9  |
| 2.1 Ilmanvaihto asuinkerrostaloissa .....  | 9  |
| 2.2 Paineohjatun huippuimurin vertailu normaaliin 2-nopeuksinen huippuimuriin<br>..... | 14 |
| 2.3 Asuinkerrostalojen korjaustarve .....  | 15 |
| 2.4 Puhaltimen saneeraus .....   | 19 |
| 2.5 Säädetty liesikupu .....   | 21 |
| 3 PAINEOHJATTU HUIPPUIMURI<br>ENERGIANSÄÄSTÖMENETELMÄNÄ.....                           | 23 |
| 3.1 Laskennassa käytettyjä arvoja .....  | 23 |
| 3.2 Asennettujen huippuimureiden vaikutus kiinteistön energioihin .....                | 32 |
| 4 YHTEENVETO.....  | 35 |
| LÄHTEET .....  | 36 |
| LIITTEET.....  | 37 |

## Kuvio- ja taulukkoluetelo

|   |    |
|---|----|
| Kuvio 1. Ilmanvaihdon kehitys asuinrakennuksissa (RT 56-10831 2004, 2). .....                   | 8  |
| Kuvio 2. ilmanvaihtojärjestelmät (RT 56-10831 2004, 3). .....                                   | 9  |
| Kuvio 3. Koneellinen poistoilmanvaihto.....   | 10 |
| Kuvio 4. Ilmamäärien vertailu säädinkuvun kanssa ja poistoventtiilein. ....                     | 24 |
| Kuvio 5. Moottorin tehontarve suhteutettuna ilmamäärään, FläktGroup. STEC.5.                    | 25 |
| Kuvio 6. STEC-5, puhallintiedot. (FläktGroup, 2018.) .....                                      | 26 |
| Kuvio 7. Centriware 2.0 HI valintaohjelmaan sijoitettuja arvoja. (FläktGroup 2019.)<br>.....    | 28 |
| Kuvio 8. Suora sähkön säästö, puhallin- ja kupusaneerauksessa. ....                             | 31 |
| <br>  |    |
| Taulukko 1. Uusi ilmamääräohje (D2 Hankeopas, FINVAC ry 2017).....                              | 11 |
| Taulukko 2. Vanha ilmamääräohje (RakMK D2 2012, Liite 1).....                                   | 12 |
| Taulukko 3. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot (RT 18-10922<br>2008, 23)..... | 13 |
| Taulukko 4. Ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus. (RT-56-10831 2004, 6.) .....                  | 18 |
| Taulukko 5. Säätimellä varustettu liesikupu verrattuna pelkkään<br>poistoilmaventtiiliin .....  | 22 |
| Taulukko 6. Kerrostalon lähtötiedot laskentaan. ....  | 23 |
| Taulukko 7. Mitoituksen lähtötiedot.....  | 24 |
| Taulukko 8. Mitoitusohjelman lähtötiedot. ....  | 27 |

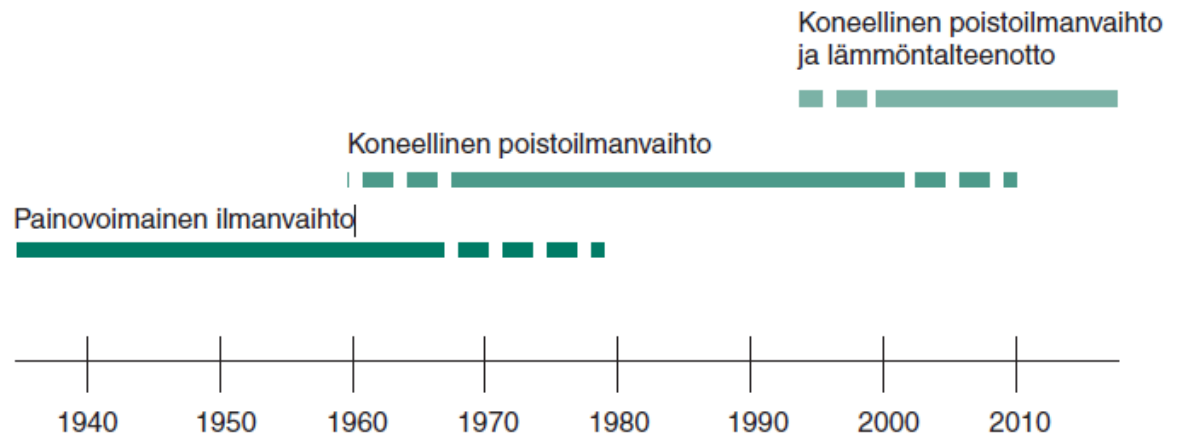
|   |    |
|---|----|
| Taulukko 9. Vanhan huippuimurin lähtötiedot. ....                     | 29 |
| Taulukko 10. Laskennan lähtötiedot ja laskennassa käytetyt arvot..... | 30 |
| Taulukko 11. Ilmavirran vähentymisen suhde.....                       | 31 |

## Käytetyt termit ja lyhenteet

|                    |   |
|--------------------|---|
| <b>Poistoilma</b>  | on huoneesta poistettava ilma   |
| <b>Siirtoilma</b>  | on poistoilman korvaavaa ilmaa toisesta tilasta   |
| <b>Jäteilma</b>    | on poistoilmaa, joka johdetaan rakennuksesta ulos (poistopuhaltimen jälkeistä poistoilmaa kutsutaan jäteilmäksi)  |
| <b>Raitisilma</b>  | on ulkoa sisälle tulevaa ilmaa, (ilmanvaihtokoneissa, ennen tuloilmapuhallinta olevaa ilmaa kutsutaan raitisilmäksi, myös raitisilmasäleiköistä johdettua ilmaa kutsutaan raitisilmäksi). |
| <b>Korvausilma</b> | on poistoilman korvaavaa ulkoilmaa  |
| <b>Huippuimuri</b> | on vesikatolle sijoitettu poistoilmapuhallin, jonka puhallussuunta on ylöspäin.   |

# 1 JOHDANTO

Koneellinen poisto on yleisin ilmanvaihtojärjestelmä kerrostaloissa. Noin 70 % 1960- luvulla rakennetuista ja yli 90 % 1970-luvulla rakennetuista asuinkerrostaloista on varustettu koneellisen poiston järjestelmällä (Kuvio 1). (Kurnitski, 1999)



Kuvio 1. Ilmanvaihdon kehitys asuinrakennuksissa (RT 56-10831 2004, 2).

Tässä opinnäytetyössä keskitytään asuinkerrostalojen koneellisen poistoilmanvaihdon energiatehokkuuteen paineohjatun huippuimurin avulla. Muutaman esimerkki-kohteen avulla, joihin on asennettu paineohjattu huippuimuri, saadaan suuntaa antavia tuloksia paineohjatun huippuimurin energiansäästökyvystä.

## 2 ILMANVAIHTO

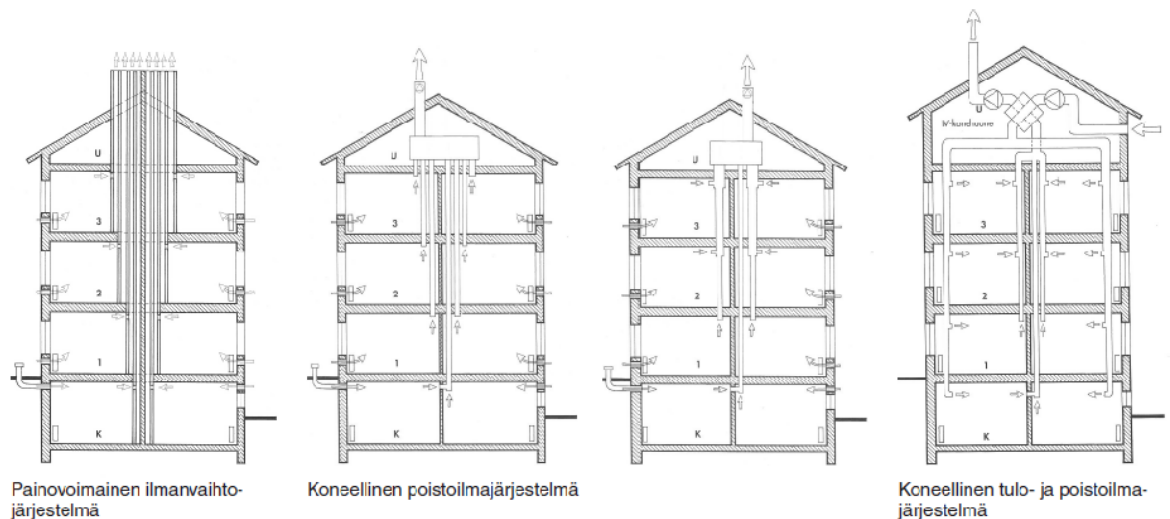
### 2.1 Ilmanvaihto asuinkerrostaloissa

Rakennuksen ilmanvaihdon tavoitteena on luoda edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle.

Ilmanvaihdon perustehtäviä ovat muun muassa

- poistaa kosteutta rakennuksen sisältä
- poistaa hajuja ja haitallisia aineita sisäilmasta
- jäähdyttää tiloja poistamalla lämmintä sisäilmaa ja tuomalla tilalle puhdistettua viileää ulkoilmaa
- tehdä oleskelu sisätiloissa viihtyisäksi.

On olemassa kolmenlaisia ilmanvaihtojärjestelmiä: painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä, koneellinen poistoilmajärjestelmä ja koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä (Kuvio 2).

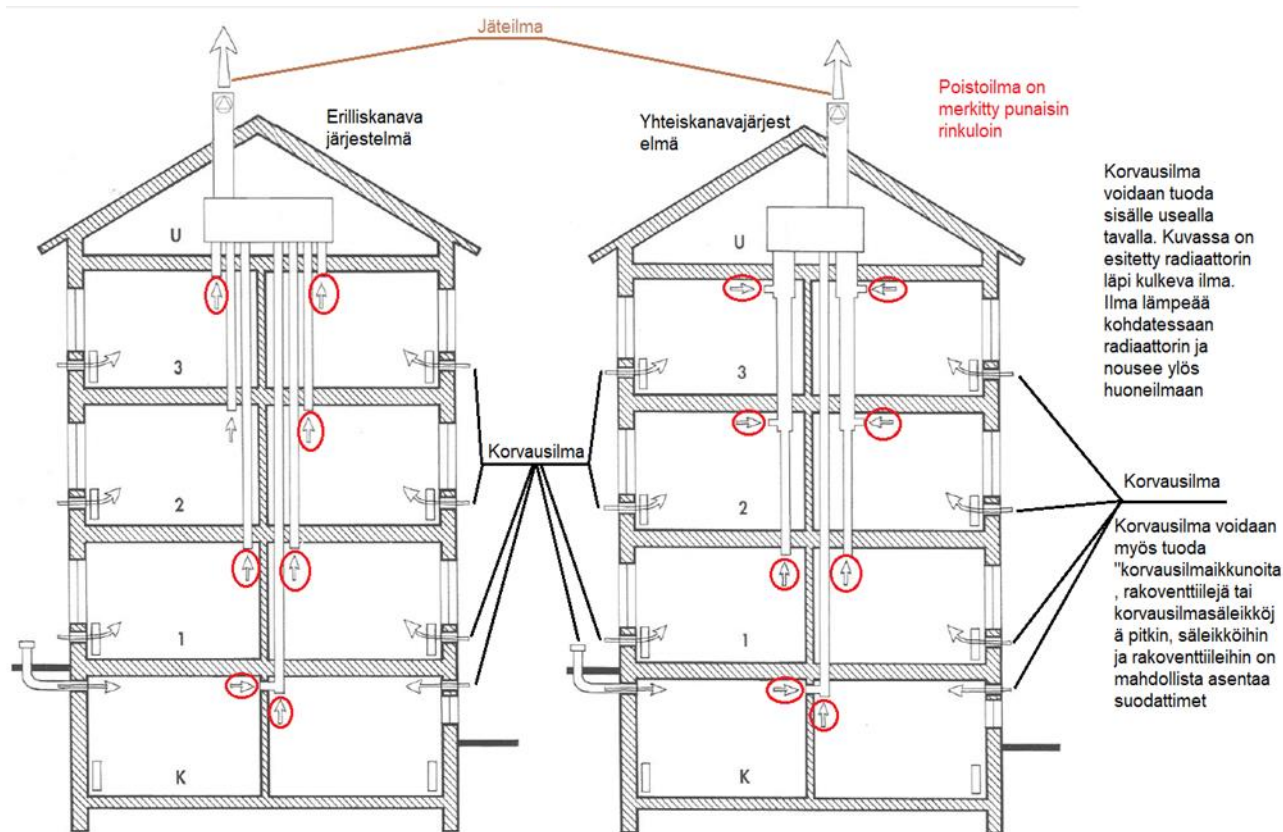


Kuvio 2. ilmanvaihtojärjestelmät (RT 56-10831 2004, 3).

Hyvin toimivaan koneelliseen poistoilmajärjestelmään kuuluu kolme ilman muotoa, poistoilma, jäteilma ja suodatettu korvausilma. Koneellisen poistojärjestelmän osia

ovat poistopäätelaite, kanavisto, äänenvaimennin, huippuimuri tai vastaava poistopuhallin ja raitisilma/korvausilmalaite.

Koneellisen poistoilmajärjestelmän ilmanvaihtokanavat ovat alipaineisia. Huippuimuri alipaineistaa kanaviston, jolloin poistoilma virtaa poistoilmaventtiileistä kanavistoon, kanavistoa pitkin vesikaton yläpuolelle ja huippuimurin kautta taivaalle (Kuvio 3). Kun huippuimuri alipaineistaa kanaviston, huoneistoon syntyy alipaine. Alipaine aiheuttaa sen, että tilaan virtaa korvausilmaa. Jos korvausilman saanti on riittävä, korvausilma tulee sille tarkoitettuja reittejä pitkin, ei rakenteiden saumoista tai muista ilmanottoaukoista. Oikeilla korvausilmajärjestelyillä voidaan saavuttaa sisäilmaluokka S2. (RT 56-10831 2004, 3.)



Kuvio 3. Koneellinen poistoilmavaihto.

Asuntojen ohjeelliset ilmavirrat ovat muuttuneet 1970-luvulta tähän päivään asti hurjalla vauhdilla. Rakennusmääräyskokoelma muuttuu paraikaa ja uusimmat tiedot ilmanvaihdon säätöihin ovat FINVAC:n teettämässä tutkimuksessa oppaassa 2017 (Taulukko 1). Opas korvaa asuntoja koskevan osuuden säädöksessä D2 Rakennuksen sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet 2012.

Taulukko 1. Uusi ilmamääräohje (D2 Hankeopas, FINVAC ry 2017).

| Huonetila   | Ulkoilmavirta<br>dm <sup>3</sup> /s    | Poistoilmavirta<br>dm <sup>3</sup> /s | Huomautus   |
|---|--|---------------------------------------|---|
| Suurin tai ainoa makuuhuone tai yli 11 m <sup>2</sup> makuuhuone                | 12                                     |                                       |   |
| Muut makuuhuoneet   | 8                                      |                                       |   |
| Muut asuinhuoneet kuten olohuone alle 22 m <sup>2</sup> , ei kuitenkaan keittiö | 8                                      |                                       | Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.   |
| Muut asuinhuoneet kuten olohuone yli 22 m <sup>2</sup> , ei kuitenkaan keittiö  | 0,35 dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup> |                                       | Ulkoilma voidaan osittain korvata siirtoilmalla makuuhuoneesta.   |
| Keittiötila, keittiö, keittokomero, saarekekeittiö (KT)                         |  | 8 (25)                                | Liesikuvun/keittiötilan ilmavirran tulee tehostustilanteessa olla vähintään 25 dm <sup>3</sup> /s. Ulkoilman saannista tehostuksen aikana on huolehdittava. Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta |
| Kylpyhuone WC:llä tai ilman (KPH)   |  | 10                                    | Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.  |
| Erillinen WC (WC)   |  | 7                                     | Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.  |
| Vaatehuone (VH)   |  | 6                                     | Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.  |
| Varasto   |  | 6                                     | Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.  |
| Huoneistosauna (S)  | 6                                      | 6                                     |   |
| Kylpyhuoneesta erillään oleva kodinhoituhuone                                   |  | 8                                     | Ulkoilma voidaan korvata siirtoilmalla asuinhuoneesta.  |
| Tekninen tila   |  | 3 <sup>3)</sup>                       | Mitoitetaan lämpökuorman mukaan, vähintään 3 dm <sup>3</sup> /s.  |

Hankkeen oppaasta löytyy uusille tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmille sopivat ilmamäärät, mutta vanhempiin poistoilmanvaihtojärjestelmiin uutta opasta ei voida suoraan soveltaa. Eli tässä opinnäytetyössä käytetään vielä korvatun RakMK osassa D2 annettuja arvoja.

Taulukko 2. Vanha ilmamääräohje (RakMK D2 2012, Liite 1).

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 1/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttöajan ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 1/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoittaa ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0 1/h. Suurten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 1/h.

| Tila / käyttötarkoitus   | Ulkoilmavirta<br>(dm <sup>3</sup> /s)/hlö | Ulkoilmavirta<br>(dm <sup>3</sup> /s)/m <sup>2</sup> | Poistoilmavirta<br>dm <sup>3</sup> /s | Äänitaso<br>L <sub>A,eq,T</sub> /<br>L <sub>A,max</sub><br>dB | Ilman nopeus<br>talvi<br>m/s | Huom!       |
|--|---|--|---------------------------------------|---|------------------------------|-------------|
| Asuintilat:  | 6   |  |                                       |   |                              |             |
| Asuinhuoneet   |   | 0,5  |                                       | 28 / 33 *   | 0,20                         | *C1 määräys |
| Keittiö  |   | #S   | 8 #A                                  | 33 / 38 *   | 0,20                         | *C1 määräys |
| - käyttöajan tehostus  |   | #S   | 25                                    | 33 / 38   | 0,20                         |             |
| Vaatehuone, varasto  |   | #S   | 3                                     | 33 / 38   |                              |             |
| Kylpyhuone   |   | #S   | 10 #B                                 | 38 / 43   | 0,20                         |             |
| - käyttöajan tehostus  |   | #S   | 15                                    | 38 / 43   | 0,20                         |             |
| WC   |   | #S   | 7 #B                                  | 33 / 38   |                              |             |
| - käyttöajan tehostus  |   | #S   | 10                                    | 33 / 38   |                              |             |
| Kodinhuoltohuone   |   | #S   | 8                                     | 33 / 38   | 0,30                         |             |
| - käyttöajan tehostus  |   | #S   | 15                                    | 33 / 38   | 0,30                         |             |
| Huoneistosaua  |   | 2 #C   | 2/m <sup>2</sup> #C                   | 33 / 38   |                              |             |
| Yhteistilat:   |   |  |                                       |   |                              |             |
| Porrashuone  |   | 0,5 1/h  | 0,5 1/h                               | 38 / 43   |                              |             |
| Varastot   |   | 0,35   | 0,35 /m <sup>2</sup>                  | 43 / 48   |                              |             |
| Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala > 4m <sup>2</sup> ) |   | 0,2  | 0,2 / m <sup>2</sup>                  | 43 / 48   |                              |             |
| Pukuhuone  |   | 2  | 2 / m <sup>2</sup>                    | 33 / 38   | 0,20                         |             |
| Pesuhuone  |   | 3  | 3 / m <sup>2</sup>                    | 43 / 48   | 0,20                         |             |
| Saunan löylyhuone  |   | 2  | 2 / m <sup>2</sup>                    | 33 / 38   |                              |             |
| Talopesula   |   | 1  | 1 / m <sup>2</sup>                    | 43 / 48   |                              |             |
| Kuivaushuone   |   | 2 #D   | 2 / m <sup>2</sup> #D                 | 43 / 48   |                              |             |
| Askarteluhuone, kerhuhuone   |   | 1 #E   | 1 / m <sup>2</sup> #E                 | 33 / 38   | 0,20                         |             |

# A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm<sup>3</sup>/s.  
# B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttöajan tehostuksen mukainen.  
# C Kuitenkin vähintään 6 dm<sup>3</sup>/s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.  
# D Voidaan mitoittaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.  
# E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm<sup>3</sup>/s)/m<sup>2</sup>.  
# S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.

Taulukossa 2 on ilmavirtojen ohjearvot ilmavirtojen mittausta ja säätöä varten. Jotta edellä mainitut ohjearvot toteutuvat asunnoissa, täytyy rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän olla kunnossa. Ilmanvaihtojärjestelmän toimivuuteen vaikuttavia tekijöitä:

- ilmanvaihtolaitteiden kunto
- ilmanvaihto kanavien kunto, puhtaus ja tiiveys
- korvausilman riittävä saanti
- kanaviston riittävä väljyys

– ilmanvaihtojärjestelmän säätö ja tasapainotus.

Taulukko 3. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot (RT 18-10922 2008, 23).

| Tunnus | Nimikkeen otsikko, määrittelmä   | Tyypillinen rakentamisaika ja muu tarkempi määrittely | Keskimääräinen tekninen käyttöikä                  |   |   | Suunnitelmallisen ylläpidon toimenpiteet   |  | Huomautuksia   |
|--------|--|---|--|---|---|--|--|--|
|        |  |   | vuotta (R = rakennuksen ikä, J = järjestelmän ikä) |   |   | Tarkastusväli  | Huoltoväli / kunnossapitajaksot  |  |
|        |  |   | Rasitusluokka 1 vaikea                             | 2 normaali  | 3 kevyt   | vuotta   | vuotta   |  |
|        | Vesilukot  |   |  | 30  |   | 12 kk  | 1...12 kk puhdistus  |  |
|        | Kiertovesipatterit   |   |  | 30  |   |  |  | Altis pistekorrosiolle   |
| G3     | <b>Ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmät</b>   |   | Ilmanvaihto toimii jatkuvasti (24 h/d, 7 pv/vko)   | Ilmanvaihto toimii arkipäivien päiväkäyttöä (9...10 h/d, 5 pv/vko) vastaavalla käyttöajaksolla (50 h/vko) | Ilmanvaihto toimii joitakin tunteja vuorokaudessa (10...20 h/vko) | Silmämääräinen tarkastus: tiiviys, liitokset, ilman esteetön virtaus, äännet, kosteus    |  |  |
| G31    | <b>Ilmastointikoneisiin liittyvät osat</b>   |   |  |   |   |  |  | Osia uusitaan harvoin yksittäin. Puhallin lyhytikäisin.  |
| G3110  | Puhaltimet (aksiaalipuhaltimet, keskipakoispuhaltimet, huippumurit, savunpoistopuhaltimet, erikoispuhaltimet)  |   | 10...15  | 20...25   | 30...40   | Moottorin kuumentaminen, laakeriäänet, kilahinnan kireys, tasapaino, siipipyörän puhtaus | Rippuu käyttöajoista.  |  |
| G3120  | Suodattimet (kuitusuodattimet, sähkösuodattimet)   |   | 10...15  | 20...25   | 30...40   | Puhtautta seurataan.   | 6...12 kk suodattimien vaihto/puhdistus, tarvittaessa useammin riippuen rakennuksen sijainnista. Tarkempi vaihtoväli loidetaan näköhavainnoin: suodatint on syytä vaihtaa, kun sen taustapuoli on kauttaaltaan tummunut. |  |
| G3130  | Ilmastoinnin patterit (vesi- ja liuospatterit, muut patterit)  |   | 10...15  | 20...25   | 30...40   |  |  |  |
|        | Lämmityspatterit (vesikiertoiset lamellipatterit, sähköpatterit)   |   | 10...15  | 20...25   | 30...40   |  |  | Sähköpattereissa riittämätön jälkihuuhtelu lyhentää käyttöikää.                                |
|        | Jäähdytyspatterit (vesikiertoiset lamellipatterit, suorahöyrystyspatterit)   |   | 10...15  | 20...25   | 30...40   | 12 kk kondenssi-vesiviemäröinnin toiminnan tarkastus                                     |  |  |
| G3140  | Lämmöntalteenotto (nestekiertoiset lämmöntalteenottolaitteet, pyörivät lämmöntalteenottolaitteet, levylämmönsiirtimet, muut lämmöntalteenottolaitteet) |   |  |   |   |  |  |  |
|        | Lämmöntalteenottolaitteet (nestekiertoiset vesi-glykolipatterit, levylämmönsiirtimet, pyörivät lämmönsiirtimet)  |   | 10...15  | 20...25   | 30...40   | 12 kk huurtumisenestön tarkastus   |  | Glykoliliuoksen pitoisuus ja mahdolliset kiertonesteeseen lisäaineet vaikuttavat oleellisesti. |

Taulukossa 3 on esitetty tekniset käyttöiät puhaltimille ilmanvaihtojärjestelmissä. Asuinrakennusten ilmanvaihto pitäisi olla jatkuvasti päällä, joskin osaksi päivästä se voidaan asettaa osateholle. Tämä riippuu täysin rakennuksen käyttötarkoituksesta ja rakennuksessa asuvista ja olevista ihmisistä. Taulukosta 3 voidaan nähdä, että asuinkerrostalon yksittäisen puhaltimen tekninen käyttöikä on 10 - 15 vuotta. RT 18-10922 (2008, 24) -kortin mukaan kanavistoa ei tarvitse uusia mekaanisen rasituksen vuoksi, vaan jos tilojen käyttötarkoitus muuttuu. Poisto- ja tuloilmapäätelaitteet eivät mekaanisesti kulu, mutta vanhojen päätelaitteiden säätövirhe on suurempi kuin uusien, ja ne saattavat olla myös sellaista mallia, että niitä ei voida mekaanisesti säätää paine-eromittauksen yhteydessä.

Hallittu korvausilma on tärkeä osa poistoilmajärjestelmää. Korvausilma voidaan tuoda joko hallitsemattomasti rakennusvaipan läpi (ilma kulkeutuu sieltä mistä se helpoiten pääsee) tai oikealla tavalla, hallitusti, jolloin tuleva korvausilma voidaan

suodattaa ja korvausilman reitti tunnetaan. Korvausilmareittien määrä ja koko riippuu halutusta suodatusluokasta, asunnon tai tilan koosta ja poistoilman määrästä. Korvausilmalaite sijoitetaan yleensä ikkunan yläpuolelle tai viereen vedon tunteen vähentämiseksi (RT 56-10831 2004, 3).

## **2.2 Paineohjatun huippuimurin vertailu normaaliin 2-nopeuksiseen huippuimuriin**

Asuinrakennuksissa koneellinen poistoilmanvaihto on ollut yleisin ilmavaihtojärjestelmä 1970-luvulta aina 2000-luvun taitteeseen saakka, eli noin 30 vuoden ajan. Huippuimureita käytetään nykyään yleensä ”likaisten” poistoilmakanavien puhaltimina. Esimerkiksi vessat ja siivouskomerot kuuluvat likaisiin tiloihin. Yleensä myös ammattikeittiöiden paistopisteiden poistokanavat (”rasvakanavat”) johdetaan omana kanavistona huippuimurin kautta ulos. Koneellisen poistoilmajärjestelmän tilalle 1990-luvulla alkoi tulla koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä lämmöntalteenotolla.

Huippuimurin on oltava helposti avattavissa puhdistusta, huoltoa ja sähköasennusta varten. Huippuimurit, jotka eivät ole käynnissä jatkuvasti, varustetaan sulkulaitteella. Huippuimuri asennetaan siten, ettei se aiheuta lumen sulamista katolla. Puhallusaukon pystysuoran etäisyyden katon yläpinnasta tulee olla Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaisesti yleensä vähintään 900 mm. Puhallusaukon korkeutta määritettäessä otetaan huomioon kinostuva lumi ja etäisyys muusta esteestä. Sähkövirran katkaisemiseksi huippuimurin välittömään läheisyyteen asennetaan huoltokytkin kohdan H3012 Vahinkokäynnistyksen estokytkimet ja liitäntäosat mukaisesti. (TalotekniikkaRYL 2002 Osa 1, 136.)

Puhaltimia pyörittäviä sähkömoottoreita on useita erilaisia. Yhteis- ja erillispoistokanavajärjestelmässä on käytetty myös kammiopuhaltimia huippuimurien sijasta. Eri sähkömoottorityyppejä ovat (Sandberg 2014, 173.)

- oikosulkumoottorit (vanhat huippuimurit pääsääntöisesti näitä)
- kestromagneettimoottorit (PM-moottori)
- EC-moottorit (elektronisesti kommutoitu).

RakMK osan D2 (2012) mukaan rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP-luku (Specific Fan Power) koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 2,5 kW/(m<sup>3</sup>s). Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 1 kW/(m<sup>3</sup>s). Tämä koskee tavanomaisia ilmanvaihtojärjestelmiä, jotka sijaitsevat asuinrakennuksissa, kouluissa, toimistorakennuksissa ja liiketiloissa. (Ilmastointi- hoito ja huolto, 2016, 208.)

Oikosulkumoottorit ovat yleisesti käytettyjä moottoreita 1- ja 3-vaiheisina. Moottorin kierrosnopeutta voidaan säätää jännitesäädöllä, yleensä taajuusmuuttajalla. Taajuusmuuttajan ja moottorin välisenä kaapelina on käytettävä EMC-suojauksen täyttävää kaapelia, jotta suurtaajuushäiriö saadaan mahdollisimman pieneksi. Oikosulkumoottorin hyötysuhde on suhteellisen tasainen, mutta pienellä n. 30-40 %:n kuormituksella moottorin hyötysuhde romahtaa. (Ilmastointitekniikka osa1 2008, 316.)

Kestomagneettimoottori on selvästi energiatehokkaampi kuin oikosulkumoottori. Kestomagneettimoottoreita voidaan käyttää vain taajuusmuuttajasyötöllä. Moottoreita on saatavana laajalla tehoalueella 350 kW:iin saakka. (Ilmastointitekniikka osa 1 2008, 317)

EC-moottori on elektronisesti kommutoitu ja se on varustettu omalla elektroniikalla, joka hoitaa tehonsäädön eikä ulkopuolisia tehonsäätimiä tarvita. Kun taajuusmuuttajaa ei tarvita, moottorin syöttöjohto ja pyörimisnopeutta säätävä johto voidaan viedä moottorille suoraan, jolloin suurtaajuushäiriöistä johtoa ei tule. Pyörimisnopeutta voidaan säätää rakennusautomaatiosta ohjausviestillä 0-10 V. (Ilmastointitekniikka osa 1 2008, 317)

### **2.3 Asuinkerrostalojen korjaustarve**

Kiinteistön ylläpidosta vastaavilla henkilöillä pitää olla käsitys siitä, millainen tai mikä on

- sisäilman laatu

- ilmastointijärjestelmän kunto
- koneiden, säätö- ja ohjauslaitteiden kunto
- teknisen kehitys.

Ilmanvaihtojärjestelmän korjauksen ajankohdan määrittelyssä ovat apuna kuntoarvio, kuntotutkimus, PTS ja huoltokirja (RT 56-10831 2004, 4). Ennakoivan kiinteistön ylläpidon edellytys on järjestelmien kunnan arvioiminen aika ajoin. Kiinteistön PTS:ssa määritetään ilmanvaihdon korjauksen ajankohta.

Merkkejä siitä, että ilmanvaihtojärjestelmä olisi aika huoltaa tai peruskorjata (RT 56-10831 2004, 4.):

- ilmanvaihtojärjestelmä alkaa pitää erikoista ääntä
- ikkunat huurtuvat
- hajut kulkeutuvat huoneistoon
- ilma seisoo eikä liiku, esim. wc-hajut eivät lähde pois
- pyykit eivät kuivu sisällä ollenkaan
- päätelaitteet pitävät kovaa ääntä
- päätelaitteet ovat likaisia ja niissä on vuotojälkiä
- tiloissa olevat ja asuvat ihmiset oireilevat jatkuvasti.

Kun kuntoarvio ei enää riitä antamaan ilmastointijärjestelmän todellisesta kunnosta tarpeeksi hyvää kuvaa on tehtävä kuntotutkimus, missä syvennytään vaihe vaiheelta tarkempaan tutkimukseen, jos sille on tarvetta. Pääsääntöisesti kuntotutkimus perustuu viiteen vaiheeseen, joita ovat (RT 56-10831 2004, 4):

- kaikki lähtötiedot rakennuksesta koskien ilmanvaihtojärjestelmää
- asukaskyselyssä asukkailta pyydetään visuaalisia ja aistinvaraisia havaintoja ilmanvaihtojärjestelmästä
- perustutkimuksessa analysoidaan asukaskyselyn vastaukset ja sitä kautta osataan lähteä etsimään järjestelmästä vikaa tai korjattavaa asiaa

- jatkotutkimuksessa perehdytään perustutkimuksessa havaittuihin ongelmiin ja tehdään vaadittavat toimenpiteet, esim. kanaviston kuvaus, painesuhteiden mittaus, lämpökuvaus tai merkkisavun käyttö ilmavirtojen selvittämiseksi
- jatkotutkimusten jälkeen, kun tulokset on saatu ja analysoitu, päätetään, mitä korjaustoimenpiteitä tehdään ilmanvaihtojärjestelmälle.

Kuntotutkimuksessa selviää rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän korjaustarve.

Yleisiä toimenpiteitä ovat (RT 56-10831 2004, 4):

- vian/vikojen korjaus
- ilmanvaihtokanavien puhdistus ja ilmamäärien säätö
- korvausilman lisääminen
- järjestelmän parannusehdotukset.

Taulukko 4. Ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus. (RT-56-10831 2004, 6.)

|                                | Palnovoimainen järjestelmä  | Koneellinen poistoilmajärjestelmä  | Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä   |
|--------------------------------|---|--|--|
| Tuloilmalaitteet               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/ uusiminen/ lisääminen</li> <li>• suodatuksen lisääminen</li> <li>• äänenvaimennuksen lisääminen</li> <li>• lämmityksen lisäys</li> </ul>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/ uusiminen/ lisääminen</li> <li>• suodatuksen lisääminen</li> <li>• äänenvaimennuksen lisääminen</li> <li>• lämmityksen lisääminen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/ uusiminen/ lisääminen</li> <li>• selvitetään vanhojen soveltuvuus (painehäviö, heittokuvio, ääniominaisuudet)</li> </ul>   |
| Oviraot                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnostus</li> <li>• uusien lisääminen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnostus</li> <li>• uusien lisääminen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• kunnostus</li> <li>• uusien lisääminen</li> </ul>   |
| Poistoilmalaitteet             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/uusiminen/ lisääminen</li> <li>• liesikuvun lisääminen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/uusiminen/ lisääminen</li> <li>• selvitetään vanhojen soveltuvuus (mm. ääniominaisuudet)</li> <li>• liesikuvun lisääminen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/uusiminen/ lisääminen</li> <li>• selvitetään vanhojen soveltuvuus (mm. ääniominaisuudet)</li> <li>• liesikuvun lisääminen</li> </ul>  |
| Hormit ja kanavat varusteineen | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus</li> <li>• kunto ja tiiviys</li> <li>• korjaaminen pinnoittamalla tai lisäämällä uudet peltikanavat</li> <li>• tuuliroottorien lisääminen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus</li> <li>• kunto ja tiiviys</li> <li>• mahdollinen uusien kanavien lisääminen</li> <li>• äänenvaimentimien tarkastus/ uusiminen/lisääminen</li> <li>• säätö-, sulku- ja palopeltien tarkastus/uusiminen/lisääminen</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus</li> <li>• kunto ja tiiviys</li> <li>• mahdollinen uusien kanavien lisääminen</li> <li>• äänenvaimentimien tarkastus/ uusiminen/lisääminen</li> <li>• säätö-, sulku- ja palopeltien tarkastus/uusiminen/lisääminen</li> </ul> |
| Puhaltimet                     |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• huolto/tarkastus/uusiminen</li> <li>• mitoituksen (tehon) tarkastus</li> <li>• sähkönsyötön tarkastus/uusiminen</li> <li>• turvakytkimen tarkastus/lisääminen/uusiminen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• huolto/tarkastus/uusiminen</li> <li>• mitoituksen (tehon) tarkastus</li> <li>• sähkönsyötön tarkastus/uusiminen</li> <li>• turvakytkimen tarkastus/lisääminen/uusiminen</li> </ul>  |
| Ulko- ja jäteilmalaitteet      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/uusiminen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/uusiminen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• puhdistus/tarkastus/uusiminen</li> </ul>  |
| Mittaus ja säätö               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• vanhojen tulo- ja poistoilmalaitteiden varustaminen säätökahvoilla</li> <li>• ilmavirtojen säätö</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• vanhojen tuloilmalaitteiden varustaminen säätökahvoilla</li> <li>• ilmavirtojen säätö</li> <li>• säätölaitteiden toiminnan tarkistus/uusiminen</li> <li>• poistoilmapuhaltimen säätötavan valinta</li> <li>• liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ilmavirtojen säätö</li> <li>• säätölaitteiden toiminnan tarkastus/uusiminen</li> <li>• puhaltimien säätötavan valinta</li> <li>• liittäminen rakennusautomaatiojärjestelmään</li> </ul>   |
| Ilmanvaihtokoneet              |   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• huolto/tarkastus/uusiminen</li> <li>• mitoituksen tarkastus</li> <li>• sähkönsyötön tarkastus/uusiminen</li> <li>• turvakytkimen tarkastus/ lisääminen/uusiminen</li> <li>• lämmöntalteenoton lisääminen</li> </ul>                               |

Taulukossa 4 kerrotaan hyvin se, mitä ilmanvaihdon peruskorjaus pitää sisällään. Hyvin suunnitellussa pitkän tähtäimen suunnitelmassa ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ei tule yllätyksenä ja siihen osataan varata ennakkoon riittävästi resursseja.

Puhaltimien uusimisessa on hyvä muistaa, että jos kaikki puhaltimet ovat samankäisiä, ne kannattaa uusia samanaikaisesti (RT 56-10831 2004, 6). Puhaltimien vaihdon jälkeen ilmavirrat mitataan ja säädetään suunniteltuihin arvoihin.

Peruskorjauksesta seuraava taso on perusparannus. Siinä järjestelmään tulee lisää toimintoja ja laitteita, joilla parannetaan sisäilman laatua ja tehdään järjestelmästä

energiatehokkaampi. Perusparannusvaihtoehtoja ovat mm (RT 56-10831 2004, 5-9.):

- painovoimaisen järjestelmän muutos poistoilmajärjestelmäksi
- painovoimaisen järjestelmän muutos keskitetyksi tai asuntokohtaiseksi tulo- poistojärjestelmäksi
- koneellisen poistojärjestelmän muutos koneellisen poiston järjestelmäksi, jossa jäteilmasta otetaan lämpö talteen ja siirretään lämpö lämmittämään ulkoa tulevaa korvausilmaa
- koneellisen poiston järjestelmä muutettuna tulo-poistojärjestelmäksi.

## **2.4 Puhaltimen saneeraus**

Puhaltimen tai huippuimurin saneerausta mietittäessä tulee eteen jokin seuraavista tarpeista:

- sähköenergian säästötarve
- vanhan, rikkiäisen puhaltimen tilalle samanlainen uusi
- huoltovapaampi laite
- hiljaisempi laite
- uudelleenmitoitus, ilmanvaihdon mittausten ja säätöjen yhteydessä
- tilojen käyttötarpeen muutoksesta johtuva puhaltimen vaihto.

Puhaltimen valintaa ja vaihtotyötä ohjaavat edellä mainitut kriteerit. Aina kuitenkin tulee tarkastella vaihdettavaa puhallinta energiansäästön näkökannalta, löytyykö kannattavampaa ratkaisua. Vaihtotyön vaiheet ovat seuraavat:

- puhaltimen toimintapisteen määrittäminen
- puhaltimen valinta ja kilpailutus
- vaihdettavan HI:n (huippuimuri) tai puhallinkammion koko, mahtuuko uusi puhallin siihen
- HI:n tai puhaltimen asennus.

Nykyisen HI:n toimipisteen määrittäminen vaikuttaa suoraan puhaltimen valintaan. Vanhasta huippuimurista voidaan mitata manuaalisesti paineen korotus tai staattinen paine  $\Delta p$  ilmamäärä  $q$  ja sähköteho  $P$ , tai katsotaan vanhaa puhallinta koskevia dokumentteja. Eli toimipiste voidaan määrittää käyttäen seuraavia tietoja:

- dokumentteja vanhoista ilmanvaihtokuvista tai laiteluetteloista
- puhaltimen kilpitietoa
- mittauspöytäkirjaa
- mitattua sähkötehoa
- kokemusperäistä taulukkoa.

Kaavalla (1) voidaan laskea käytössä olevan puhaltimen teho. Virran mittauksen tulee ammattilaisen suorittaa turvallisuussyistä.

$$P_{moottori} = \sqrt{3} \times 400V \times A_{(mitattu\ keskiarvo)} \times \cos\varphi \quad (1)$$

missä

|                |   |
|----------------|---|
| $P_{moottori}$ | on teho kW                              |
| $U$            | on jännite V, joka normaalisti on 400 V |
| $A$            | on virta I, eri vaiheiden keskiarvo     |
| $\cos\varphi$  | on puhaltimen vaihekulma                |

Kaavoja (2) ja (3) voidaan käyttää puhaltimen toimintakunnon tarkistukseen.

$$P_{moottori} = \frac{\Delta p \times Q}{\eta} \quad Q = \frac{P_{moottori} \times \eta}{\Delta p} \quad (2)(3)$$

missä

|                |   |
|----------------|---|
| $P_{moottori}$ | on mitattu sähköteho (kw)               |
| $\Delta p$     | on järjestelmän kokonaispainehäviö (Pa) |
| $Q$            | on ilmavirta ( $m^3/s$ )                |
| $\eta$         | on moottorin kokonaishyötysuhde         |

Uuden puhaltimen valinnassa saneerauskohteeseen voidaan käyttää FläktGroupin kokemusperäistä taulukkoa, joka löytyy liitteestä 1. Sen avulla voidaan arvioida vanhan puhaltimen toimintapiste, jos edellä mainittuja tietoja ei tiedetä tai saada selville.

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}, \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2} = \frac{(n_1)^2}{(n_2)^2}, \frac{P_1}{P_2} = \frac{(n_1)^3}{(n_2)^3} \quad (4)$$

missä

|              |  |
|--------------|--|
| n1           | on puhaltimen alkuperäinen kierrosluku |
| n2           | on puhaltimen muutettu kierrosluku     |
| V1           | on puhaltimen alkuperäinen ilmamäärä   |
| V2           | on puhaltimen muutettu ilmamäärä       |
| $\Delta p_1$ | on puhaltimen alkuperäinen paine-ero   |
| $\Delta p_2$ | on puhaltimen muutettu paine-ero       |
| P1           | on puhaltimen alkuperäinen tehontarve  |
| P2           | on puhaltimen muutettu tehontarve      |

Puhaltimen ilmamäärä, paine-ero ja tehontarve riippuvat puhaltimen kierrosluvusta kaavassa 4. esitetyn mukaisesti.

- ilmamäärä on suoraan verrannollinen kierroslukuun
- paine-ero on verrannollinen kierrosluvun neliöön ja
- tehontarve on verrannollinen kierrosluvun kuutioon.

Kaavan 4 avulla voidaan laskea uusi pyörimisnopeus ja tehontarve, kun ilmamäärää tai painetta muutetaan.

## 2.5 Säädettävä liesikupu

RakMK D2 2012 ohjeen mukaan asuinrakennusten asuntojen keittiö mitoitetaan poistoilmavirralla 8 #A dm<sup>3</sup>/s. Lisäys #A:n mukaan ilmavirta on 20 dm<sup>3</sup>/s, jos ilmavirtaa ei voida ohjata tila- tai asuntokohtaisesti. Eli jos liesikuvussa on ohjattava sul-

kupelti, liesikupu säädetään (1/1) nopeudella tuottamaan 8 dm<sup>3</sup>/s ilmavirta minimiasennossa. Kun kuvun tehostuksen asettaa täysin auki, kuvun ilmavirran tulee nousta 25 dm<sup>3</sup>/s. (Taulukko 2.)

Eli tästä huomataan, että ilmavirta voidaan säätää säädinkuvullisissa asunnoissa 12 l/s pienemmäksi normaalitilanteessa.

Taulukko 5. Säätimellä varustettu liesikupu verrattuna pelkkään poistoilmaventtiin

|                 |    |     |
|-----------------|----|-----|
| Säädinkupu      | 8  | l/s |
| Tehostus        | 25 | l/s |
| Poistoventtiili | 20 | l/s |

### 3 PAINEOHJATTU HUIPPUIMURI ENERGIANSÄÄSTÖMENETELMÄNÄ

Keskitetyn poistoilmajärjestelmän asuinkerrostaloja on rakennettu paljon 1960-luvulta alkaen 1990-luvulle asti. Näihin poistoilmajärjestelmiin on hyvä keksiä parempia energiansäästömenetelmiä. Paineohjattu huippuimuri yhdistettynä säädettäviin liesikupuihin on hyvä vaihtoehto, joka varmasti säästää puhdasta sähköenergiaa puhaltimella ja rakennuksesta poistuvaa lämmitysenergiaa.

#### 3.1 Laskennassa käytettyjä arvoja

Asuinkerrostaloissa ei ole tarkoituksenmukaista, että poistoilmajärjestelmä toimisi 24 h/vrk täydellä teholla. Monessa kiinteistössä on todettu hyväksi ajastaa poistoilman käyntiaika 8 h/vrk 1/1 nopeudella ja 16 h/vrk ½-teholla (Taulukko 6).

Esimerkkirakennuksen kooksi tässä opinnäytetyössä valittiin 30 asunnon kerrostalo (ilman kellari-, pesu- ja kerhotiloja). Asunnot ovat kooltaan 60 m<sup>2</sup>. Ilmamäärät on otettu RakMK osasta D2 (2012), ja ne löytyvät kuviosta 5. Valitut ilmamäärät on sijoitettu taulukkoon 6.

Kylpyhuoneen ilmapvirta on mitoitettu ohjearvon mukaisesti tehostusarvolla D2 taulukon mukaan, #B 15 l/s. Vaatehuone on taulukon mukaan 3 l/s. Kylpyhuoneen ja vaatehuoneen yhteiseksi ohjearvoksi saadaan 18 l/s, luvut ovat taulukossa 2 ilmaistu "kh + vh" ja ne on sijoitettu taulukkoon 6.

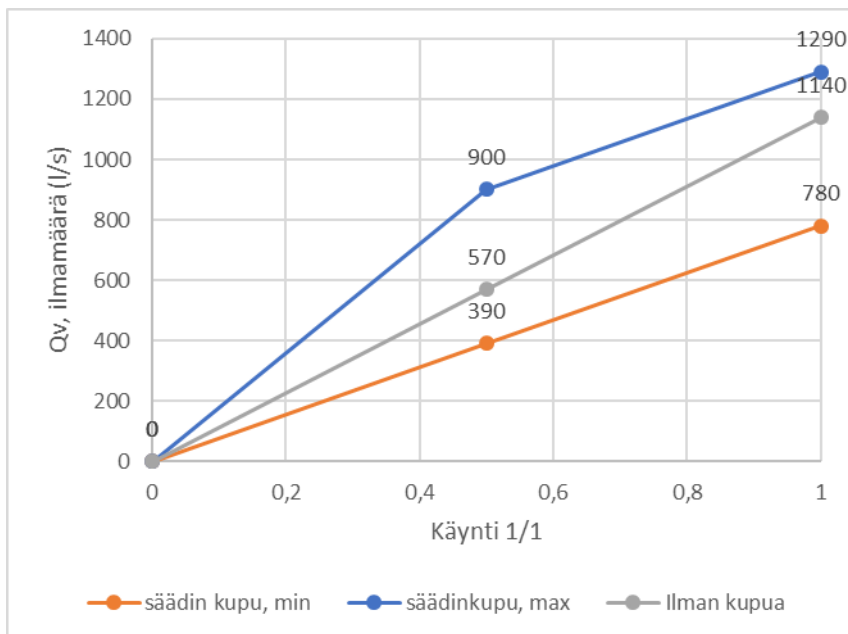
Taulukko 6. Kerrostalon lähtötiedot laskentaan.

|              |    |                    |  | l/s |
|--------------|----|--------------------|--|-----|
| Asunto n     | 30 | Keittiön ilmamäärä |  | 8   |
| 1/1 nopeus h | 8  | Tehostus           |  | 25  |
| 1/2 nopeus h | 16 | Ilman kupua        |  | 20  |
|              |    | kh + vh            |  | 18  |

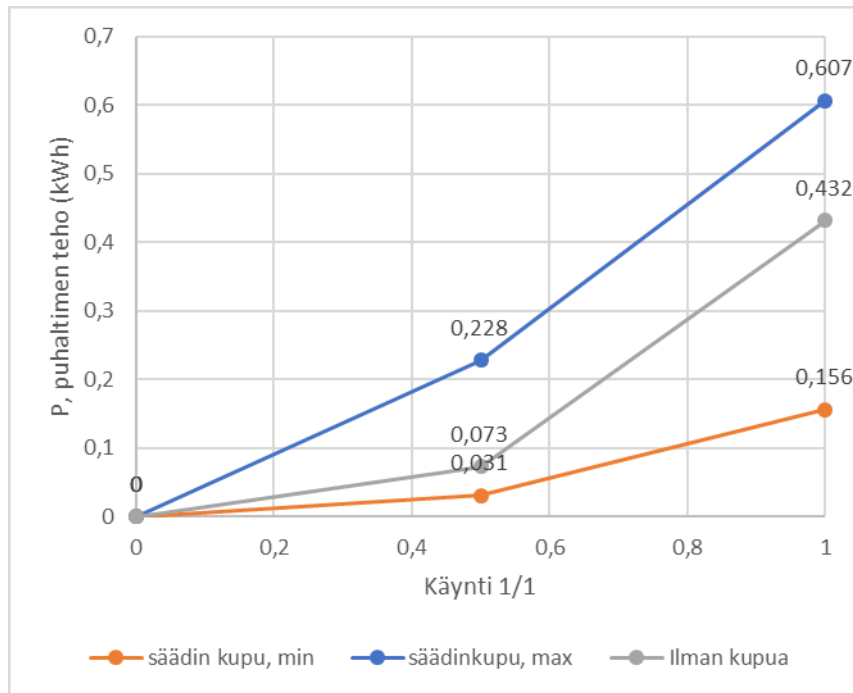
Vertailtaessa ilmamääriä säädettävän liesikuvun kanssa saatiin seuraavia ilmamääriä. Kuviossa 4 pystyakselilla on ilmamäärät ja vaaka-akselilla käyntitieto 0-100 %:n välillä. Ilmavirrat on mitoitettu maksimi-ilmavirran mukaan (Taulukko 7, Mitoituksen lähtötiedot).

Taulukko 7. Mitoituksen lähtötiedot.

| m <sup>3</sup> /s | kWh   | Pa  | RPM  | SFP   |
|-------------------|-------|-----|------|-------|
| 1,29              | 0,607 | 250 | 1843 | 0,471 |



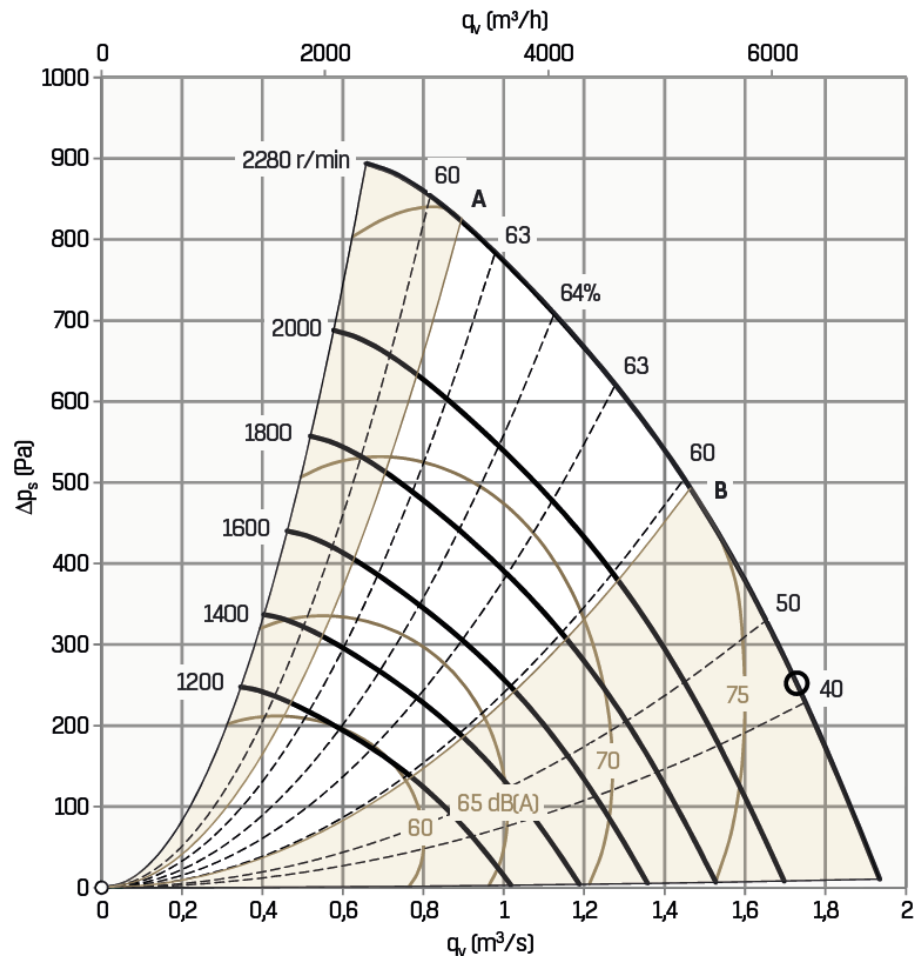
Kuvio 4. Ilmamäärien vertailu säädinkuvun kanssa ja poistoventtiilein.



Kuvio 5. Moottorin tehontarve suhteutettuna ilmamäärään, FläktGroup. STEC.5.

Moottorin tehontarve (Taulukko 7) on laskettu esimerkkinä FläktGroupin roofmaster STEC-5 mallilla (Kuvio 6). Kuviossa 5 on laskettuna tehontarve kaikille ilmamäärille mitä Kuviossa 4 esiintyy.

## PUHALLINTIEDOT



Nimellisvirta on asetuksen 1253/2014 mukaan 1,773 m³/s. Huippuimurin luokitus on NRVU/UVU.

Kuvio 6. STEC-5, puhallintiedot. (FläktGroup, 2018.)

Tehontarve on laskettu käyttäen Centriware 2.0 -huippuimurin valintaohjelmaa. Laskenta on tehty käyttäen kokemusperäistä 250 Pa:n staattista painetta keskitetyssä poistoilmajärjestelmässä asuinkerrostaloissa (staattinen paine asuinkerrostalossa normaalisti 200 – 300 Pa, ilmanvaihtosäätö guru Jani Kriikula, Nuohous- ja Ilmastointitohtorit Oy). Ilmavirtana on käytetty säädinkupu max. 1,29 m³/s ilmavirtaa (Taulukko 7).

Sähköteho P on saatu laskentaohjelmalla sijoittamalla uudet tiedot valintalaskelmaohjelmaan uusilla ilmamäärillä ja kierrosnopeuksilla käyttämällä puhallinlakeja kaava (4) ja siitä johdettua kaava (5).

$$V1 = q_{v1} \quad , \quad n2 = \frac{q_{v2} \times n1}{q_{v1}} \quad (5)$$

missä

|          |  |
|----------|--|
| $V_1$    | on puhaltimen alkuperäinen ilmamäärä (l/s) |
| $q_{v1}$ | on alkuperäinen ilmamäärä (l/s)            |
| $n_2$    | on puhaltimen muutettu kierrosnopeus (rpm) |
| $q_{v2}$ | on puhaltimen muutettu ilmamäärä (l/s)     |
| $n_1$    | on alkuperäinen kierrosnopeus (rpm)        |

$$\Delta p_2 = \Delta p_1 \times \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \quad (6)$$

missä

|              |  |
|--------------|--|
| $\Delta p_2$ | on puhaltimen muutettu paine-ero (Pa)          |
| $\Delta p_1$ | on puhaltimen alkuperäinen paine-ero (Pa)      |
| $n_2$        | on puhaltimen muutettu kierrosnopeus (rpm)     |
| $n_1$        | on puhaltimen alkuperäinen kierrosnopeus (rpm) |

Taulukossa (7 ja 8) on säädinkupu maximi-auki ilmamäärien lähtötiedot.

Taulukko 8. Mitoitusohjelman lähtötiedot.

|              |      |     |
|--------------|------|-----|
| $q_{v1}$     | 1,29 | l/s |
| $q_{v2}$     | 0,9  | l/s |
| $n_1$        | 1843 | rpm |
| $n_2$        | ?    | rpm |
| $\Delta p_1$ | 250  | Pa  |
| $\Delta p_2$ | ?    | Pa  |

Kaavan 4 avulla saadaan kaava 5, josta edelleen saadaan uusi  $n_2$  pyörimisnopeus selville. Kun pyörimisnopeus on selvillä, sijoitetaan luvut kaavaan 6, jolloin saadaan muuttunut paine-ero selville. Paine-ero sijoitetaan ilmamäärän kanssa valintaohjelmaan ja näin saadaan uusi tarkka tehontarve kyseisellä paine-erolla. Voidaan käyttää myös käsinlaskentakaavaa, jos tiedetään tarkka kokonaishyötysuhde puhaltimen eri tehoalueilla (Kaava 7).

$$P = \frac{q_v \times \Delta p}{\eta} \quad (7)$$

missä

|            |   |
|------------|---|
| P          | on Sähkötehon tarve puhaltimella (kW)             |
| $q_v$      | on ilmamäärä (m <sup>3</sup> /s)                  |
| $\Delta p$ | on puhaltimen kokonaispaineenkorotus (Pa)         |
| $\eta$     | on puhaltimen kokonaishyötysuhde säätölaitteineen |

| Puhallinkoodi    | Jännite  | $q_v$ [m <sup>3</sup> /s] | $p_{sf}$ [Pa] | $P_{ed}$ [kW] | N [r/min] | $\eta_{sf}$ [%] | LwA [dB(A)] | SFP [kW...] | ERP             |
|------------------|----------|---------------------------|---------------|---------------|-----------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|
| STEC-5-306-2-0-1 | 3 X 400V | 1.290                     | 250           | 0.607         | 1843      | 53.1            | 70.6        | 0.471       | ErP 2018 muk... |
| STEC-5-306-2-0-1 | 3 X 400V | 0.900                     | 122           | 0.229         | 1286      | 47.9            | 62.7        | 0.255       | ErP 2018 muk... |

Syötetyt arvot
Tehontarve
Voidaan tarkastaa vertaamalla kierroslukua itse laskettuun

Kuvio 7. Centriware 2.0 HI valintaohjelmaan sijoitettuja arvoja. (FläktGroup 2019.)

Kuviosta 5 nähdään puhaltimen tehontarve ilman asennettuja kupuja ja säätökupujen kanssa. Kuviosta 4 voidaan huomata, että suora sähkö ei ole ainoa energia, mitä säädinkuvuilla säästetään. Ilmamäärä on huomattavasti pienempi kupujen kanssa, joten rakennuksesta poistuva lämpöenergia ilmapirran mukana on pienempi.

Suoran sähkön vertailuun otettiin sattumanvaraisesti joku 1970-1990-lukujen välistä oleva luku ja verrattiin sitä uuteen STEC-5-puhaltimeen. Puhallin voisi olla mikä vain EC-huippuimuri. Kaavassa (8) on sähköenergian laskentakaava.

$$E = Pt, \quad a = 365 \text{ vrk} \quad (8)$$

missä

|   |                           |
|---|---------------------------|
| E | on energian yksikkö (kWh) |
| P | on teho (kW)              |
| t | on aika (h)               |

Vanha puhallin valittiin vuodelta 1975 ja ilmamääräksi 1,2 m<sup>3</sup>/s tasalukujen vuoksi. Liitteen 1 avulla saadaan suuntaa antava tehontarve ja kanaviston kokonaispainehäviö vertailtavaksi STEC-5 HI:n kanssa.

Taulukko 9. Vanhan huippuimurin lähtötiedot.

|       |      |                   |
|-------|------|-------------------|
| vuosi | 1975 |                   |
| qv1   | 1,2  | m <sup>3</sup> /s |
| qv2   | 0,6  | m <sup>3</sup> /s |
| P1    | 2,4  | kW                |
| P2    | ?    | kW                |
| n1    | 1000 | rpm               |
| n2    | 500  | rpm               |
| Δp1   | 640  | Pa                |
| Δp2   | ?    | Pa                |
| η     | ?    |                   |

Kaavan (4) mukaan jos ilmamäärä puolittuu, myös kierrosnopeus puolittuu. Kun sijoitetaan luvut kaavaan (6 ja 10), saadaan Δp<sub>2</sub> selville. Hyötysuhde saadaan selville sijoittamalla luvut kaavaan (7), jota muokataan, niin että saadaan hyötysuhde laskeuttua (Kaava 9 ja 11).

$$\eta = \frac{q_{v1} \times \Delta p_1}{P_1} \quad (9)$$

$$\Delta p_2 = 1,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times \left( \frac{500 \text{ rpm}}{1000 \text{ rpm}} \right)^2 = 160 \text{ Pa} \quad (10)$$

$$\eta = \frac{1,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 640 \text{ Pa}}{2,4 \text{ kW}} = 0,32 \quad (11)$$

$$P_2 = \frac{1,2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 160 \text{ Pa}}{0,32} = 0,3 \text{ kW} \quad (12)$$

Paine-eroksi saadaan 160 Pa (kaava 10). Hyötysuhteeksi saadaan 0,32 (kaava 11). Luvut sijoitetaan edelleen kaavaan (7) eli (12), josta saadaan uusi P2. Tehon tarpeeksi saatiin 0,3 kW (kaava 12).

Taulukko 10. Laskennan lähtötiedot ja laskennassa käytetyt arvot.

|          |                   |       |        |        |       |
|----------|-------------------|-------|--------|--------|-------|
| Kupu Max | m <sup>3</sup> /s | kWh   | Pa     | RPM n  | SFP   |
| N 1/1    | 1,29              | 0,607 | 250,00 | 1843,0 | 0,471 |
| N 1/2    | 0,9               | 0,228 | 121,69 | 1285,8 | 0,253 |
|          |                   |       |        |        |       |
| Kupu Min | m/s               | kWh   | Pa     | RPM    | SFP   |
| N 1/1    | 0,78              | 0,156 | 91,40  | 1114,4 | 0,201 |
| N 1/2    | 0,39              | 0,031 | 22,85  | 557,2  | 0,08  |
|          |                   |       |        |        |       |
| Ilm. kup | m/s               | kWh   | Pa     | RPM    | SFP   |
| N 1/1    | 1,14              | 0,432 | 195,24 | 1628,7 | 0,379 |
| N 1/2    | 0,57              | 0,073 | 48,81  | 814,3  | 0,127 |

Oranssilla pohjalla olevat arvot ovat lähtötiedot laskentaan

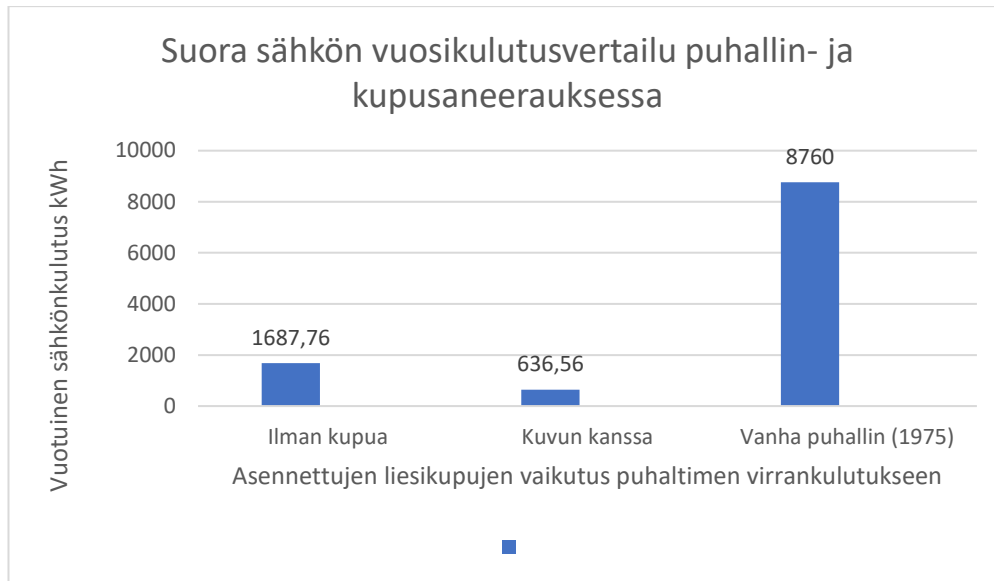
Keltaisella pohjalla ovat käsinlasketut arvot

Vihreällä pohjalla ovat mitoitusohjelmasta saadut arvot

Vertailutaulukkoon lasketaan vuotuinen tehontarve. Asuinrakennuksesta riippuen käyntiajat vaihtelevat. Tässä laskelmassa käytetään 1/1 nopeutta 8 h/vrk ja ½-nopeutta 16 h/vrk. Kaavan (8) avulla saadaan vuotuinen tehontarve puhaltimelle. Kaavaa (8) muokataan niin, että saadaan laskettua vuotuinen energiantarve käyntiaikojen perusteella (kaava 13 ja 14). Kaavassa (14) on laskettu vanhan puhaltimen energiankulutus. Vertailukuvioon on laskettu myös ilman kupua ja kuvun kanssa olevat arvot, ne lasketaan myös johdetulla kaavalla (13) ja arvot niille löytyvät taulukosta (6).

$$E = P \times t \Rightarrow E = (P_1 \times t_1 + P_2 \times t_2) \times d \times a, \quad a = 365 \text{ d}, \quad d = 24 \text{ h} \quad (13)$$

$$E = (2,4 \text{ kW} \times 8 \text{ h} + 0,3 \text{ kW} \times 16 \text{ h}) \times 24 \times 365 = 8760 \text{ kWh/a} \quad (14)$$



Kuvio 8. Suora sähkön säästö, puhallin- ja kupusaneerauksessa.

Kuviosta 8 huomataan, että vuotuinen suora sähkön säästö ei säädettävillä liesikuvuilla ole suuri verrattuna ilman kupua olevaan keittiöön isossa asuinkerrostalossa. Vanhan puhaltimen uusiminen puolestaan säästää jo huomattavan määrän energiaa.

Kuviosta 8 nähtiin, että suora sähkö ei ole ainoa asia, mitä liesikuvuilla säästetään, vaan sen todellinen säästökohde on lämmitysenergia. Kun verrataan esimerkki kohdetta niin, että sinne on asennettu 30 kpl säädettäviä liesikupuja ja niin, että sinne ei ole asennettu ainuttakaan liesikupua, saadaan laskettua, paljonko lämmitysenergiaa kuluu korvausilman lämmittämiseen.

Taulukko 11. Ilmavirran vähentymisen suhde.

|                                     | $q_v 1/2$ (l/s) | $q_v 1/1$ (l/s) |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Kupu Min                            | 390             | 780             |
| Ilm. kup                            | 570             | 1140            |
| Ilm. kup. Vs<br>Kupu min.<br>erotus | 180             | 360             |
| Ilm. kupua<br>suhde vertailuun      | 0,3158          | 0,3158          |

Rakennusten lämmitysenergiasta noin 36 % kuluu ilmanvaihdon kautta vuodessa. Tämä oli yleistä 1960- ja 1970-luvun asuinkerrostaloissa. (Energia- ja ekologiakäsikirja 2010. 10)

Jos rakennuksen ilmamäärät pienenevät taulukon 11 mukaan 31,6 % liesikupujen avulla, ilmamäärän pienenemisen ansiosta lämmitysenergian tarve laskee 11,36 %.

$$36 \% \times 0,3158 = 11,3684 \% \quad (15)$$

missä

|        |  |
|--------|--|
| 11,4 % | on asuinkerrostalon lämmitysenergian tarpeen muutos  |
| 36 %   | on ilmanvaihdon lämmitysenergia suhde asuinkerrostalon lämmitysenergian kulutuksessa             |
| 0,3158 | on taulukko (11) suhde arvo kyseisen esimerkkikerrostalon ilmanvaihdon ilmamäärän vähentymisestä |

$$1 \times (1 - (11,3684 \div 100)) = 0,88632 \quad (16)$$

missä

|         |   |
|---------|---|
| 0,88632 | on rakennuksen lämmitysenergiatarpeen muutoskerroin |
|---------|---|

Kaavassa (16) on muutettu kaavasta (15) saatu prosenttimäärä lämmitysenergian muutoskertoimeksi. Kokonaislämmitysenergian kertoimeksi saadaan 0,88632, jos kohteeseen on asennettu säädettävät liesikuvut.

### 3.2 Asennettujen huippuimureiden vaikutus kiinteistön energioihin

Tässä kappaleessa käsitellään jo asennettujen huippuimurien vaikutusta kiinteistön energiankulutukseen. Kaikkien kohteiden kanavistot on puhdistettu ja ilmavirrat on säädetty puhaltimen asennuksen yhteydessä. Eroavaisuuksia rakennusten energiankulutuksen kehityksessä on paljon, kun sen kääntää grafiikaksi. Liitteessä 2 on grafiikka kohteista muutaman vuoden takaa.

Grafiikasta näkyy hyvin se, että kaikki rakennukset ovat yksilöitä. Puhaltimen vaihdon syyt ovat olleet vanhan puhaltimen vaihto nykyaikaiseen energiatehokkaaseen

puhaltimeen tai alitehoisen puhaltimen vaihto tehokkaampaan ja samalla myös uudempaan. Kappaleessa 3.1 saatiin laskettua paineohjatun huippuimurin hyötykerroin lämmitysenergian säästöön asuinkerrostalossa.

Huippuimurin asennuskohteessa asuinkerrostalossa 3 onnistuttiin hienosti säästämällä sähköenergiaa 19,5 % ja lämmitysenergiaa 8,5 % vuoden aikana. Euroiksi muutettuna säästö on nykyhinnoilla  $6030 \text{ kWh} \times 0,095 \text{ €} + 33,3 \times 56 \text{ €/MWh} = 2400 \text{ €}$

Osassa kohteista tulokset eivät olleet kovin imartelevia. Liitteen (2) grafiikasta nähdään, että ilma ei ole liikkunut moneen vuoteen kunnolla sisätiloissa. Sisäilmasta ja sen laadusta ei kannata tinkiä. Vaikka osassa kohteista ovat vuotuiset menot kasvaneet huomasti, on sisäilman laatu parantunut asukkaiden mielestä kaikissa kohteissa.

Kohteisiin on asennettu uudet huippuimurit, mutta säädinkupuja ei ole kohteisiin paljon asennettu. Muutama asukas sieltä täältä on ymmärtänyt sen todellisen hyödyn ja investoinut siihen.

Kerrostalot ovat kooltaan 20–50 huoneiston kerrostaloja. Huoneistot ovat kooltaan 20 m<sup>2</sup>:n yksiöistä aina 110 m<sup>2</sup>:n suurempiin huoneistoihin.

#### Kohde1: Asuinkerrostalo

- Sähkönkulutus on pysynyt melkein samana.
- Lämmityskustannukset ovat nousseet.

#### Kohde 2: Asuinkerrostalo

- Sähkönkulutus on laskenut paljon.
- Lämmityskustannukset ovat kohonneet hieman.

#### Kohde 3: Asuinkerrostalo

- Sähkönkulutus on laskenut huomasti.
- Lämmitysenergia on laskenut huomasti.

#### Kohde 4: Asuinkerrostalo

- Sähkönkulutus on noussut paljon.
- Lämmityskustannukset ovat laskeneet huimasti.

#### Kohde 5: Asuinkerrostalo

- Sähkönkulutus on noussut hieman, isot kattosaneeraukset samana vuonna.
- Lämmitysenergia on laskenut hieman.

#### Kohde 6: Asuinkerrostalo

- Sähkönkulutus on noussut huimasti.
- Energiankulutus on noussut paljon.
- Ilma ei todennäköisesti ole aikaisemmin liikkunut näin hyvin ja nyt kun se liikkuu, niin ulkoa tuleva pakkasilma tarvitsee lämmittää.

## 4 YHTEENVETO

Työssäni oli tavoitteena määrittää, voidaanko säädettävillä liesikuvuilla säästää energiaa paineohjatun huippuimurin kanssa. Työn tarkoituksena on saada ihmisiä hankkimaan säädettäviä liesikupuja, esimerkiksi kellokytkimellä oleva liesikupu, eikä liesituuletinta, koska sitä ei saa kytkeä yhteiskanavajärjestelmään, etteivät painesuhteet sekoitu.

Työssäni tarkastelin aluksi liesikupujen sähköenergian säästöä paineohjatun huippuimurin avulla. Sen jälkeen, kun sain sähköenergian tarkastelun päätökseen, huomasin, että se ei ole ainut asia, mitä tällä yhdistelmällä säästetään. Yllätykseksi huomasin, että sähköenergian säästöllä on pienempi vaikutus kuin lämmitysenergian säästöllä.

Selvittämättä liesikuvuista jäi se, paljonko yhdellä liesikuvulla on merkitystä kokonaisuuteen. Myös takaisinmaksuaika liesikupua kohden tai urakan takaisinmaksuaika jäi puuttumaan, koska tarvittavia tietoja ei ehditty antaa ajoissa.

Kohteissa, joissa on asennettu ainoastaan uusi huippuimuri, vaikutuksen voi nähdä suoraan sähköenergiassa, mutta lämmitysenergian kannalta tärkein on paineohjatun huippuimurin ja kellokytkimellä olevan liesikuvun ”combo”.

Työtä tullaan hyödyntämään liesikupujen ja paineohjattujen huippuimurien myynnissä. Työ on tehty tukemaan myyntiä, varsinkin nostamalla liesikupujen myynnin osuutta ja kertomaan todellinen hyöty, mitä näillä ilmastointilaitteilla saadaan aikaan vanhoissa kiinteistöissä, missä ei ole mitään lämmöntalteenottoa.

## LÄHTEET

- FläktGroup. 2018. Huippuimuri Roofmaster STEC eristetty verio tekniset tiedot esite. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 18.5.2019]. Saatavana: <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=f595008d-57b3-431c-a6f9-0bf784c98c86>
- FläktGroup. 2015. Puhaltimen vaihto ilmapuhaltinkoneeseen. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 17.5.2019]. Saatavana: <http://resources.flaktwoods.com/Perfion/File.aspx?id=70072eb6-48a7-4534-a1e1-9db6709cb22b>
- Harju, P. 2008. Ilmastointitekniikan oppikirja 1. Anjalankoski: Penan Tieto-Opus Ky.
- Jaakkola T., Lindstedt T. & Junnonen J.-H. 2010. Energiatohokas asuinrakennusten talotekniikkakorjaus. Tampere: Suomen Rakennusmedia Oy.
- Korkala, T. 2016. Ilmastointi: Hoito ja huolto. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy.
- Lappalainen M. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja: Suunnittelu ja Rakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Kurnitski, J. 1999. Koneellisen poistoilmanvaihdon parantaminen. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio; Nro B65.
- RT 56-10831 2004. Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja –parannus. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 18-10922 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitokaudet. Helsinki: Rakennustieto
- Sandberg, E. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus: Ilmastointitekniikka osa 2. Tampere: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- Sandberg, E. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät: Ilmastointitekniikka osa 1. Tampere: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- TalotekniikkaRYL Osa1 2002. Helsinki: RTS, LVI-Keskusliitto ry, Sähkötieto ry ja Rakennustieto Oy.

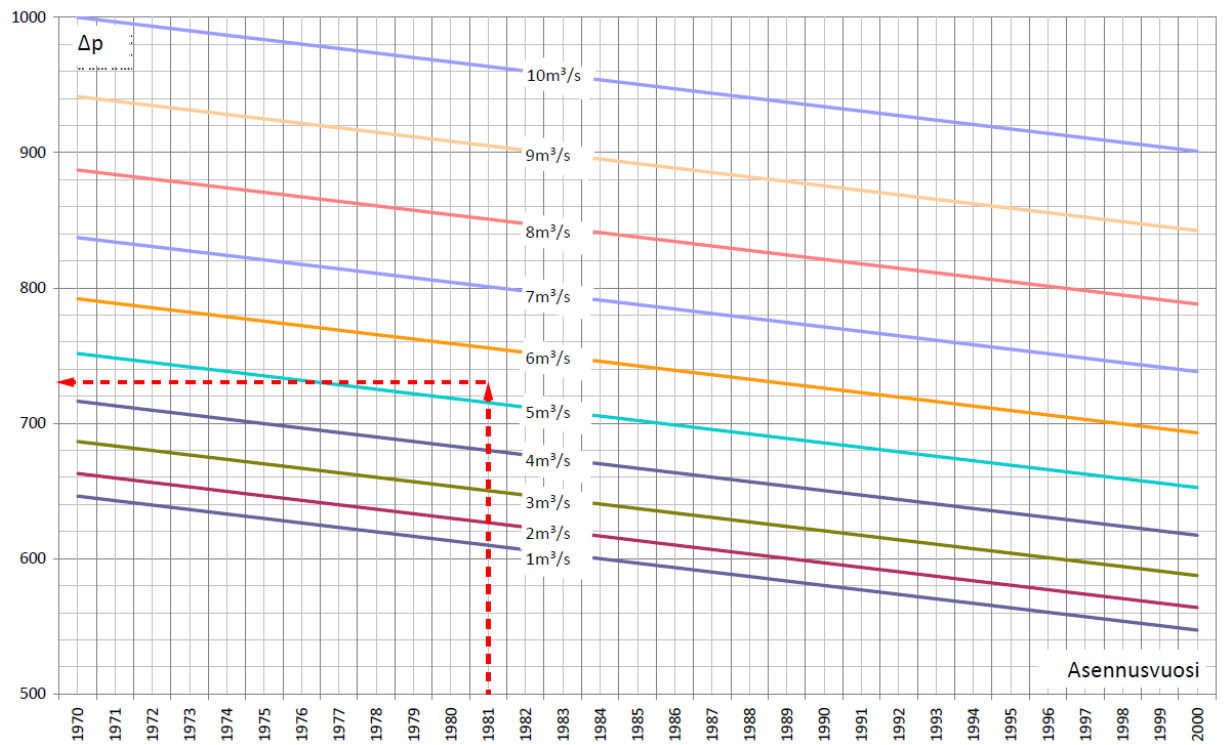
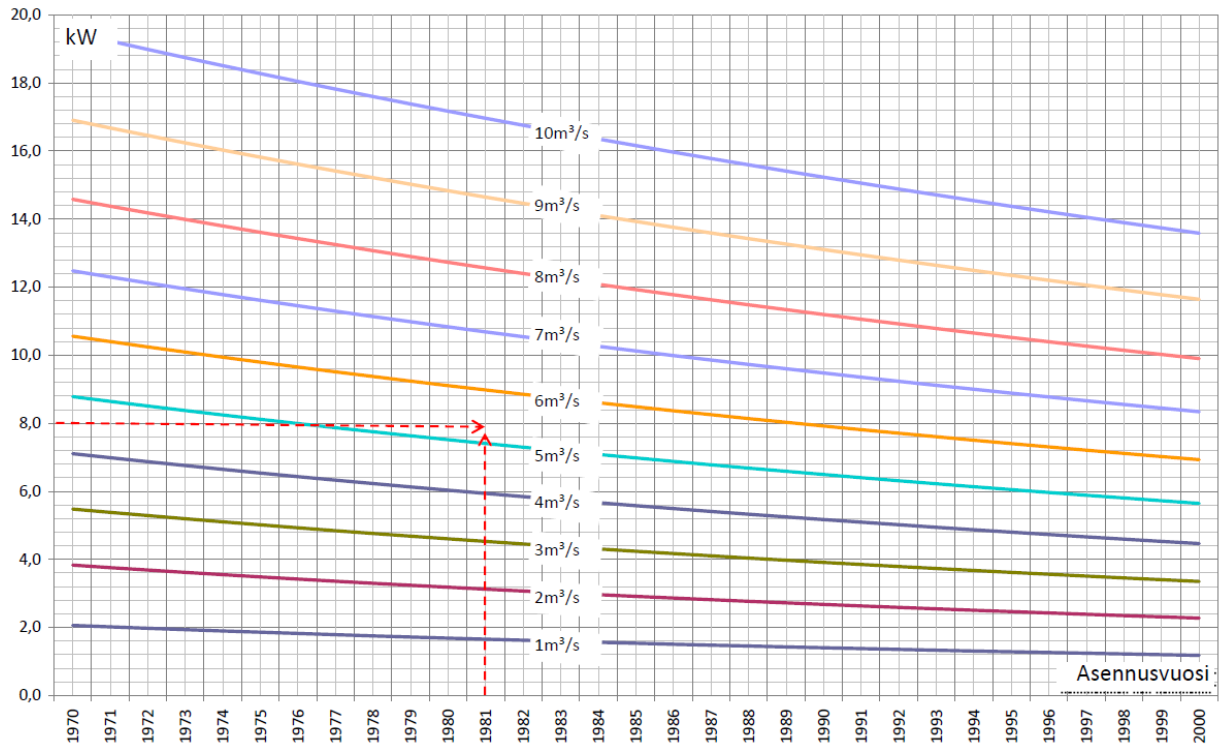
## **LIITTEET**

Liite 1. Kokemusperäinen puhaltimen mitoituskaavio

Liite 2. HI-asennuskohteet

## Liite 1. Kokemusperäinen puhaltimen mitoituskäyriä

Ylemmässä kuvassa ottotehon suhde ilmamäärään ja rakennusvuoteen. Alemmassa kuvassa kokonaispainehäviön suhde ilmamäärään ja rakennusvuoteen.



## Liite 2. HI-asennuskohteet



